

玉环海域海上风机安装快速施工工艺

顾鹏程, 何相阳

(中交路建海上工程公司, 上海 201100)

摘要: 随着海上风电的飞速发展, 往远海、深海的发展趋势对风机安装的施工工艺提出了更高要求。本文以玉环海域某项目为例, 探索了利用平低潮吊运施工、机舱与发电机组合体吊装等快速施工工艺, 可以大幅提升施工工效, 有效地缩短海上风电建设周期, 为后续海上风机安装施工提供参考。

关键词: 玉环海域; 海上风电; 风机安装; 快速施工工艺

中图分类号: U66 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006—7973 (2022) 10—0135—03

2020年9月22日, 习近平总书记在75届联合国大会上庄严宣告: “2030年前中国要碳达峰, 2060年实现碳中和”, 业内称之为“3060”的气候目标。海上风力发电作为新能源的突出代表, 近年来得到大力推广及飞速发展, 而海上风力发电往远海、深海的发展趋势对风机安装的施工工艺提出了更高要求。快速施工工艺的运用对于海上风力发电的准时运作、快速投产有着举足轻重的作用。

1 项目概况

项目位于浙江省玉环市近海海域, 本工程拟安装43台单机容量7.0MW直驱永磁型风力发电机组, 叶轮直径186m, 轮毂中心高度约114m, 总装机容量

301MW。主要包括但不限于: 塔筒吊装、机舱与发电机安装后整体吊装、叶片轮毂组装、风轮吊装、附件与电器安装、完成全部风机高强螺栓的复检等。本工程主要采用分体式风机安装+叶轮吊的方式, 安装船采用坐底式海工吊风机安装船。

2 施工重点, 难点分析

(1) 水文气象上: 本工程离岸较远, 位处于无遮蔽海域、海况复杂涌浪较大(全年有效波高均值为0.75m, 最大值为2.68m; 最大波高均值为1.25m, 最大值为3.87m。波周期均值为4.60s, 最大值为9.35s), 且受潮汐、波浪、热带气旋影响, 施工难度大。

(2) 设备上: 由于21年海上风电吊装的抢装潮,

来, 岸电箱安装的机舱口及尾甲板室外等处所本身就是船舶火灾高发区域。为验证岸电箱本身的失火情况下的安全性和在失火区域内火灾蔓延控制性的必要, 滞燃试验都是必不可少的试验项目。

(5) 针对《船标》中要求的运输、跌落、碰撞三项试验, 考虑到岸电箱内的所有电气元件均是用螺丝、卡扣等方式固定在箱内绝缘板上的, 这种固定方式容易在上述三种情况下出现松动、移位等情况, 导致产品出现安全隐患, 所以上述三项试验在型式认可过程中也是必要的。

4 研究后记

此次长江船舶岸电系统改造, 时间紧任务重, 各船检机构特别是执行岸电系统产品检验的机构和验船师压力很大。但作为船舶及设备安全监管的桥头堡, 船检

机构在执行船用产品检验的过程中应该在考虑试验项目客观必要性的基础上充分结合设备在内河船上的实际使用工况环境较差和内河船员文化素质、业务技能普遍不高的大背景, 将设备使用者的安全和设备长期使用的可靠性放在第一位。特别是此次改造国家层面投入了巨额的补贴资金的前提下, 各船检机构在执行型式试验检验过程中更不应该游离于各类规范性文件的最低标准线附近, 以不违反最低试验标准为准则, 不综合考虑设备使用者能力素质、使用环境复杂性等客观情况, 为设备今后的长期安全使用留下隐患。

参考文献:

- [1] 中国船级社. 电气电子产品型式认可试验指南(2015)[Z].
- [2] CB/T 4406-2014, 中华人民共和国船舶行业标准——岸电箱[S].

安装船市场资源极其紧缺，能适配本项目的船机资源稀少。

(3) 人员与工机具：安装相关劳务作业与管理人员紧缺，专用液压工机具和大型吊索具数量不足，无富裕量。

(4) 进度上：施工条件苛刻，工期短，作业窗口期少，施工紧张。

3 风机安装工艺流程及工效分析

3.1 风机安装施工工艺流程



图1 施工流程图

3.2 合理利用窗口期，节约提升工效

3.2.1 利用低平潮进行吊运施工

根据坐底船的稳性特点，结合实际地质条件、潮汐及波浪变化；分析出在低水位、低流速的海域上坐地船舶的稳定性较强。玉环海域低平潮时平均水深为5~7m，平均流速0.2m/s，在低平潮工况下施工有利于满足叶轮吊、发电机+机舱组合吊等限制要求较多的关键构件吊装的船舶稳性要求，合理利用低平潮施工对于本项目的窗口期利用和工效提升的效果显著。

3.2.2 合理调整船舶站位

根据主要来涌方向，确定船艏向为112°。吊装时采用安装采用艏吊的方式（船艏朝向机位），使得运输船可以停靠在船舶左舷。充分利用辅助吊车（履带吊）的工作臂幅及作业速度优势，减少主吊的作业工序，使得履带吊与海工吊都得到充分合理利用。由于安装船甲板布置限制，采用220t的履带吊辅助，履带吊的起重机臂长65m，可以满足对运输船上塔筒大型吊具安装及其它小型构件吊装的需求，提前用履带吊安装吊具后再用海工吊直接进行吊运与倒驳，二者同步进行，以节约施工时间，提升工效的目的。

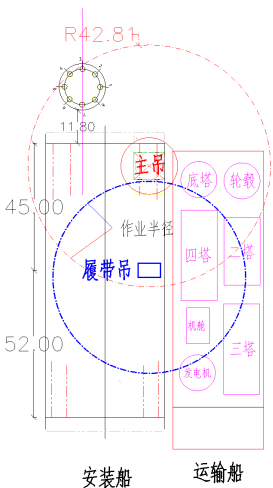


图2 船舶站位图

3.3 延长吊带长度

为降低第二、三、四节塔筒水平起吊及翻身时，两吊机配合、指挥不同步导致的安全风险，本工程采用主吊的左、右钩平吊吊装工艺。塔筒平吊溜尾使塔筒呈竖直状态过程中，由于厂家提供的原有吊带较短，且连接塔筒底部法兰吊钩会与塔筒发生碰撞，损坏塔筒外侧油漆。故采用多段吊带连接（多段吊带长度>塔筒长度），进行塔筒溜尾作业，在满足吊索具受力要求的同时，适配了我部的吊装工艺，也可以节省海工吊安装吊钩的时间，提升工效。

3.4 机舱与发电机组体吊装

传统发电机安装时，机舱在塔筒上安装完成后运用海工吊将发电机吊运到高空进行安装对接（本工程安装角度为5°），施工工艺要求较高、限制较多且耗时较长，发电机与机舱安装之间连接螺栓高空安装及力矩拉伸的时间需要超过10h，耗时较长。而本项目施工时，利用吊装作业的工作间隙，提前在甲板上进行了发电机与机舱的组装，进行力矩拉伸，最后用海工吊对发电机+机舱的组件整体进行吊装，可以节约工时。

传统作业时分体安装机舱与发电机的有效工作时间大约为21h，改良后的工序有效安装时间为7~9h，通过改良可以提前7~9小时的施工时间，大幅提升工效。

表1 安装3号风机机位有效工效表

作业内容	发电机吊装/拼装用时/h	机舱（整体）吊装（含拉伸）/h	力矩时间/h	总计/h
分体吊装	10	8	3	21
组合吊装	3	8	1~3	12~14
时差	7	0	0~2	7~9

4 发电机组装的技术控制

4.1 机舱、发电组合技术控制

在运输时,机舱底部底座改为安装组合专用底座,机舱倒驳后用加筋板对底座与甲板进行焊接加固,确保发电机与机舱拼接组合时底座牢固。安装时海工吊起发电机至与机舱安装高度,运用抬吊调整发电机与竖直呈 5° 夹角状态,慢慢移近机舱对接口,对上螺栓孔并打紧螺栓。按要求进行三次拉伸,在达到预紧力验收合格标准后进行下道工序。

4.2 整体吊运时的技术控制

吊起机舱、发电组合吊具吊梁,使吊梁离地至0.3m左右;检查梁体下平面与底面是否呈水平状态,连接梁体下端四个吊点的吊带和卸扣,缓慢提升吊钩,将吊具移至机舱上方,调整吊钩高度,前吊点与机舱头吊座用120t卸扣联接牢固,后吊点与机舱吊耳用85t特制卸扣联接牢固。将手动泵站连接牢固后,缓慢提升吊钩,使机舱脱离地面;测量机舱底部刹车盘状态,通过手动泵站调节油缸的伸缩长度来实现机舱底部刹车盘法兰呈水平状态。a、在机舱吊具上绑扎好牵引绳。b、试吊机舱与发电机整体,检测是否水平,若不水平,落下机舱调整液压装置直至机舱基本水平。c、拆除运输支架连接螺栓,起吊机舱离开专用底座,用清洗剂清洗刹车盘面,并用棉纱清理干净。d、用丝锥检查偏航轴承与塔筒连接螺纹孔,然后在偏航轴承螺孔上均布安装2根M45机舱导向柱。e、将塔筒顶部法兰清理干净,法兰上严禁涂抹密封胶。f、起吊机舱至塔筒顶部,通过机舱导向柱使机舱与塔筒顶部法兰的连接孔对正。h、将双头螺柱拧入机架中,不涂润滑剂,螺柱有内六角的一侧朝塔筒方向。

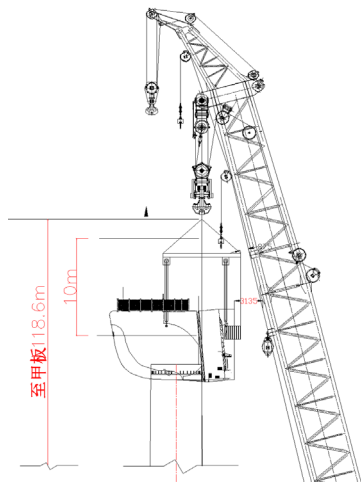


图3 机舱发电机整体吊装示意图

5 结语

海上风电风机安装条件恶劣,施工窗口期短,工期要求极为紧迫。在这种背景下,快速施工工艺的运用显得尤为重要。合理分配资源、优化施工方案、改进施工工艺、充分利用窗口期、提升施工工效,是有效地缩短海上风电建设周期的有效手段。本文以玉环海域某项目为例,探索了利用平低潮吊运施工、机舱与发电组合体吊装等快速施工工艺,可以大幅提升施工工效,有效地缩短海上风电建设周期,为后续海上风机安装施工提供参考。

参考文献:

- [1] 李美娇 海上风力发电机组分体安装技术分析 (J) 2021.7.08
- [2] 半潜式坐底安装平台在海上风电施工适应性研究 邱松、张洁、王菁等 2019.04.15
- [3] 海上风力发电工程施工规范: GB/T 50571-2010[S]
- [4] 风力发电机组 装配和安装规范: GB/T 19568-2017[S]
- [5] 钢结构高强度螺栓连接技术规程: JGJ 82-2011[S]

